ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 1979 — N.10

ESSAI D'UN ALIMENT EXPANSE CHEZ LE CHEVAL DE SPORT

THESE

présentée

à l'Université Claude-Bernard - LYON

(Médecine — Pharmacie)

et soutenue publiquement le 5 Mars 1979

pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Eric JACQUES

né le 4 Février 1954

à LYON (Rhône)

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553407_0041

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Année 1979 — N.

ESSAI D'UN ALIMENT EXPANSE CHEZ LE CHEVAL DE SPORT

THESE

présentée

à L'université Claude Bernard - Lyon

(Médecine — Pharmacie)

et soutenue publiquement le 5 Mars 1979

pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

Eric JACQUES

né le 4 Février 1954

à LYON (Rhône)

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ECOLE NATIONALE VETERINAIRE

DE LYON

- DIRECTEUR ..... Monsieur le Professeur COTTEREAU
- DIRECTEURS HONORAIRES ..... Messieurs les Professeurs TAPERNOUX, FLORIO, FROGET.

PROFESSEURS

1° - Pharmacie et Toxicologie ..... M. LORGUE
2° - Anatomie descriptive - Extérieur - Anatomie appliquée ..... M. BARONE
3° - Physiologie - Thérapeutique - Pharmacodynamie ..... M. BOST
4° - Histologie - Embryologie - Anatomie Pathologique ..... M. TISSEUR
5° - Hygiène et industrie des Aliments d'Origine Animale ..... M. FLAGNAT
M. CHANTEGRELET
6° - Parasitologie et Maladies Parasitaires ..... M. EUZEBY
7° - Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores - Législation Vétérinaire ..... M. FONTAINE
8° - Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de Basse-Cour ..... M. COTTEREAU
9° - Technique chirurgicale - Pathologie Chirurgicale ..... M. COULON
10° - Obstétrique - Pathologie de la Reproduction ..... M. BERTRAND
11° - Pathologie générale - Microbiologie - Immunologie ..... M. OUDAR
12° - Ethnologie - Zootechnie - Economie Rurale ..... M. FROGET
13° - Botanique appliquée - Agronomie - Alimentation ..... M. WOLTER
14° - Physique et Chimie biologiques et médicales ..... M. DELATOUR
15° - Maladies Contagieuses - Zoonoses - Législation Sanitaire ..... M. JOUBERT

.../...

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM. DESCHANEL, JEAN-BLAIN, LAPRAS, LE NIHOUANNEN.

MAITRES DE CONFERENCES

MM. BOIVIN, GASTELLU, PRAVE.

MAITRES-ASSISTANTS AGREGES

Mle LAVAL.

MAITRES-ASSISTANTS

Mr BELLI, Mme CHAUVE, M. FUZEBY, MM. FRANCK, FAU, GARNIER, GEVREY, GOUY, KECK, LABE, LEGEAY, NEYRET, Mme RACHAIL, M. RICHARD.

ASSISTANTS

MM. BEZEAU, CHEVRIER, Mle COURSAT, MM. DEMONT, DENOIX, DESCOTES, Mme FOURNEL, MM. GALEA, GENIN, GUIGUEN, Mle JANUEL, MM. JAUSSAUD, MAY, Mle OLLEON, M. PERROTIN.

EXAMINATEURS DE LA THESE

Président	: M. le Professeur ..... de la Faculté de Médecine.
Premier assesseur	: M. le Professeur ..... de l'Ecole Nationale Vétérinaire.
Deuxième assesseur	: M; le Professeur ..... de l'Ecole Nationale Vétérinaire.

L'Université Claude Bernard (Médecine-Pharmacie) de LYON et l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon déclarent que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation ni improbation.

MM. DESCHENS, JEAN-MARIE, LAMBS, DE MONTCHEUIL.

ASSISTES DE CONFERENCES

MM. GRAVOT, CARRELIO, MOMS.

MAITRES-ASSISTANTS ASSIMILES

Mlle LAMAL.

MAITRES-ASSISTANTS

MM. BRILL, des GRAVES, M. ERNST, du FRAITE, PAU, GUERITE, GAYNO, GUY, KOCH, LAZE, LEGENY, MONET.
des MOUSIL, M. MICHOU.

ASSISTANTS

MM. BOYER, CARRONI, Mlle GIRAST, MM. DELCOT, HAMOUX, KERGUIS, des KOMES, MM. OMIER, PERRO, SIMONIN, des SAMES.
MM. SALERNIE, TAU, du TRIEUX, M. VALDIGUIE.

ENSEIGNANTS DE LA MEME

Professeur ..... M. le Professeur ..... de la Faculté de Médecine.
Professeur honoraire ..... M. le Professeur ..... de l'Ecole Nationale Vétérinaire.
Professeur honoraire ..... M. le Professeur ..... de l'Ecole Nationale Vétérinaire.

L'Université Claude Bernard (Médecine-Pharmacie) de LYON et l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon déclinent que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation ni improbation.

A MES PARENTS,

qui, par leur dévouement ont permis
mes études.
Qu'ils trouvent en ce travail, l'expression
de ma reconnaissance.

A MICHELE,

qui par son amour et son attention
m'aida à mener à bien cet ouvrage.
Qu'elle voit en lui l'expression de
mon attachement

A MA FAMILLE.

A TOUS MES AMIS.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR LOUISOT,

de la Faculté de Médecine de LYON
qui nous a fait le grand honneur
d'accepter la présidence de notre jury de
thèse.

Qu'il trouve en cet ouvrage l'expression
de mes hommages respectueux.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR WOLTER,

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de LYON
qui nous a inspiré ce travail et nous a toujours
réservé un accueil bienveillant.
Qu'il veuille trouver ici, l'expression de
notre vive reconnaissance.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BOST,

de l'Ecole Nationale Vétérinaire de LYON
qui a accepté de participer à notre jury de thèse.
Avec l'assurance de notre profond respect.

A TOUS NOS MAITRES DE L'E.N.V.L.

- PLAN DE LA THESE -

INTRODUCTION

Première partie : L'ALIMENTATION DU CHEVAL

I - Importance d'une alimentation rationelle
  1) - sur le plan de la santé
  2) - sur le plan des perfomances sportives

II - Particularités nutritionnelles du cheval
  A) - anatomie digestive
  B) - physiologie digestive
  C) - besoins alimentaires du cheval et leur couverture

III - L'aliment complet expansé

IV - Moyens de contrôle : normes hematologiques et biochimiques
  A) - hematologie
  B) - biochimie
    1) - ionogramme
    2) - l'urée
    3) - les enzymes

Deuxième partie : RECHERCHES PERSONNELLES

I - Les conditions expérimentales
  A) - conduite de l'essai
    1) - les différents lots
    2) - les différentes rations
    3) - mise en place de l'essai

  B) - les contrôles expérimentaux
    1) - pesée et prélèvement
    2) - hématologie
      - hématocrite
      - hémoglobine
    3) - Dosage des minéraux
      a) - dosage du phosphore plasmatique par colorimétrie
        - principe
        - technique
      b) - Dosage du calcium, du sodium et du potassium par spectrophotométrie de flamme
        - principe
        - appareillage
        - technique
      c) - Dosage du magnesium par spectroscopie d'absorption atomique
        - principe
        - appareillage
        - technique

4] - Dosage des enzymes au moyen d'un auto-analyseur de marque Technicon
- principe
- appareillage
- technique . phosphatases alcalines
. transaminase glutamique oxalacetique
. créatinine phosphokinase
5] - Dosage de l'urée au moyen d'un auto-analyseur de marque Technicon.

II - Résultats et leurs analyses statistiques

III - Discussion
A] - remarques
B] - pesée
C] - hématologie
D] - biochimie . le ionogramme
. l'urée
. les enzymes

CONCLUSIONS.

- INTRODUCTION -

L'apparition de l'automobile et du tracteur a pu faire croire à la disparition quasi-totale de l'espèce équine, ce qui n'invitait guère à s'occuper du rationnement du cheval.

Mais cet animal ne semble pas pour autant condamné. En effet, l'année 1973 a vue une augmentation du nombre des poulinages en France par rapport à l'année précédente.

Depuis le néolithique, âge qui a vu apparaître la domestication du cheval, "la plus belle conquête de l'homme" a su s'adapter à toutes les époques, y compris la nôtre.

Le cheval moderne n'est plus, ni un guerrier, ni un moteur, mais un sportif.

Pour permettre à cet athlète d'obtenir de meilleures performances et pour préserver sa santé, les nutritionnistes se sont de nouveau intéressés à lui. Ceux-ci utilisent toutes les techniques récentes qui leurs sont offertes, tant dans la préparation de l'alimentation que dans l'étude des effets de celle-ci sur l'animal. L'aliment complet dont la composition est contrôlée, est réalisé depuis quelques années et a subi certaines modifications en vue de son amélioration.

L'expansion des grains par la vapeur d'eau est une des dernières mises au point.

Pour juger de l'avantage apporté, il est nécessaire de comparer cette nouvelle ration aux régimes traditionnels.

Notre expérimentation essaie d'apporter quelques éléments de jugement. L'essai s'est déroulé à la Société Hippique Nationale de MIRIBEL durant le premier semestre de l'année 1975. Il consiste à étudier le comportement de trois lots de chevaux de club en bonne santé, en conditions d'hébergement et de travail semblables et nourris chacun de manière différente. Le premier lot reçoit un régime traditionnel composé de foin, d'orge et d'avoine ; le deuxième lot, un nouvel aliment expansé (qui est l'objet de notre étude), et au troisième lot, on donne un aliment complet sous forme de granulés. Les lots sont comparés à l'aide des divers paramètres physiques, hématologiques et biochimiques suivants :

- examen clinique,
- pesée,
- hematocrite, taux sanguin d'hémoglobines,
- dosage plasmatique de calcium, phosphore, sodium potasium, magnesium, urée, phosphatases alcalines, transaminase glutamo-oxalacetique, créatinine-phosphokinase.

Les résultats sont traités de façon statistique afin de ne pas nous laisser influencer dans nos conclusions par des différences dues au hasard.

Dans notre ouvrage, nous rappellerons dans une première partie les grands principes de physiologie et de nutrition concernant le cheval. Dans la deuxième partie, nous présenterons les conditions de l'expérience et les examens pratiqués ; puis nous énoncerons les résultats et leur analyse statistique, d'où découlera la discussion. Enfin nous tirerons les conclusions de notre travail.

Première partie : L'ALIMENTATION DU CHEVAL

L'importance d'une alimentation rationnelle et les besoins du cheval, qui découlent des particularités anatomo-physiologiques de cet animal, ont amené à présenter un nouvel aliment expansé dont nous étudions l'influence sur l'organisme et la santé du cheval grâce à différents paramètres que nous présentons en fin de cette première partie.

I - IMPORTANCE D'UNE ALIMENTATION RATIONNELLE -

Pour les chevaux de sport, au fur et à mesure que s'élève le niveau de sélection et l'intensité du travail, les exigences alimentaires s'accroissent. Elles doivent être satisfaites de façon plus parfaite pour préserver la santé de sujets moins rustiques et permettre de brillantes performances sportives.

1) - Sur le plan de la santé:

La pathologie nutritionnelle couvre un champs très vaste :

- parmi les accidents aigus en rapport avec l'alimentation, rappelons en particuliers, les coliques, les fourbures, la myoglobinurie paroxystique.
- les affectations chroniques ne sont pas moins importantes : l'ostéitisme latent qui va de l'apparition de suros jusqu'aux fractures en passant par les mauvais aplombs et les troubles de la reproduction qui peuvent conduire jusqu'à l'infertilité rebelle à tout traitement.

2) - Sur le plan des performances sportives :

La qualité du rationnement intervient notament sur la durée de la carrière et sur les résultats en compétition.

- La durée d'une carrière sportive dépend tout particulièrement de la solidité osseuse et de la résistance tendineuse. L'équilibre de la ration en est le meilleur garant.

- En outre, l'alimentation doit fournir tous les éléments indispensables à l'intégrité de la cellule musculaire et à son métabolisme. A ce titre un rationnement parfaitement adapté, spécifique de l'athlète équin fera surtout sentir ses effets bénéfiques au niveau de la résistance à la fatigue et de la vitesse de récupération. Sa supériorité se manifestera donc plus facilement chez les chevaux soumis à des épreuves longues, dures et renouvelées, en particulier chez les chevaux destinés au Concours Complet d'Equitation, épreuve redoutable puisqu'elle comporte trois parcours différents : Le cross, le steeple et le dressage.

Nous voyons donc qu'une alimentation rationnelle est nécessaire au cheval athlète. Son élaboration ne peut se faire qu'après connaissance des particularités nutritionnelles et des besoins alimentaires de celui-ci.

II - PARTICULARITES NUTRITIONNELLES DU CHEVAL -

Elles concernent les caractères anatomo-physiologiques spécifiques qui conditionnent la nature et le niveau des besoins propres à cet animal.

A] - Anatomie digestive :

Elle commence à la fente labiale entourée des lèvres qui jouent un rôle actif dans la préhension des aliments et qui du fait de leur sensibilité renseignent sur la consistance des aliments. Les dents à croissance continue contribuent à une mastication poussée.

L'estomac ne représente que 8,5 p 100 de la contenance totale du tube digestif. L'intestin grêle se distingue par sa longueur : les trois-quart de la longueur totale de l'intestin.

Le caecum et le colon, de diamètre important puisqu'ils représentent 54 p 100 de la capacité du tube digestif, compensent le faible volume de l'estomac mais ne recueillent le bol alimentaire qu'après son passage dans l'intestin grêle.

Cette anatomie particulière : petit estomac, long intestin grêle, caecum et colon volumineux, entraine une physiologie digestive particulière.

B] - Physiologie digestive :

Elle est caractérisée par un transit gastro-duodénal rapide tandis que le séjour des digesta dans les dernières portions digestives (caecum et colon replié) est long.

La mastication poussée des aliments assure une bonne imprégnation salivaire.

Le transit gastrique est très rapide, l'estomac pouvant se vider deux fois au cours d'un repas pour ne garder de façon prolongée que le troisième bol gastrique.

L'intestin grêle possède des enzymes très actives qui maintiennent l'éfficacité de la digestion malgré la rapidité du passage du bol alimentaire dans cette partie du tube digestif. Les deux-tiers du séjour des digesta dans l'intestin s'éffectuent dans le caecum et le colon replié entrainant une action microbienne prolongée.

Il en résulte une bonne dégradation de la partie cellulosique de l'aliment qui à l'inverse des ruminants à lieu après l'effet enzymatique du grêle.

Les différentes étapes concourent à une dégradation satisfaisante et à une bonne absorption des aliments ingérés. L'efficacité globale de la digestion peut s'évaluer grâce à la notion de digestibilité qu'il nous faut définir et étudier.

La digestibilité est la faculté pour un aliment d'être rendu plus ou moins disponible à l'organisme grâce auxtravaux de la digestion enzymatique et microbienne.

Elle est indépendante du travail fourni par l'animal et de la température extérieure . Elle est fonction de l'insalivation et de la vitesse de transit du bol alimentaire.

Mais elle dépend surtout du taux et de la nature de la cellulose dans l'aliment. Même la digestibilité de l'ensemble de la ration est inversement proportionnelle à son taux de cellulose.

En conséquence, d'une façon générale, les fourrages sont moins valorisés (surtout s'ils sont ligneux) que les concentrés, chez le cheval.

Le cheval est donc exigeant sur le plan énergétique mais tolère des taux de cellulose très bas.

La digestibilité de la cellulose est diminuée par la condensation (broyage suivi de la mise en granulés) des fourrages qui en accélère le transit mais celle des matières protéiques est peu affectée par ce traitement.

Les avantages de cette condensation résident d'une part dans la qualité des fourrages récoltés jeunes et parfaitement conservés, et d'autre part dans la forte augmentation de leur"ingestibilité".

La digestibilité des matières grasses est très bonne chez le cheval et autorise un taux de 15 à 18 p 100 de matières grasses dans la ration. Mais la nature de la graisse alimentaire influe sur la consistance des graisses de réserves.

A la suite de ces rappels nous voyons que la ration pourra être condensée, avoir une teneur basse en cellulose et une concentration élevée en matières grasses.

C) - Besoins alimentaires du cheval et leur couverture:

Pour plus de clarté, nous présenterons les besoins du cheval sous forme de tableau [tableau 1 page 7].

Les besoins étant connus, il faut présenter à l'animal une ration assurant leur couverture, ne provoquant aucun trouble sur la santé et prise en totalité.

De façon traditionnelle, on offre au cheval différents aliments ingérés tout au long de la journée : foin, paille, orge, avoine, maïs,.... que l'on ajuste approximativement.

Avec la présentation d'un aliment complet, le mélange des différents constituants est réalisé en usine où la composition est contrôlée et même vérifiée. De plus ce type d'alimentation comporte les intérêts économiques, nutritionnels et pratiques suivants :

- La meilleure alimentation est proposée au moindre coût grâce aux possibilités de conservation.
- La régularité de la composition est assurée et abolit les variations saisonnieres de la valeur nutritionnelle de l'alimentation.
- La facilité de distribution et de stokage est profitable surtout en milieu urbain où l'on ne profite pas de pâturages ou de fourrages récoltés jeunes.

Mais ce mode de rationnement tout à fait compétitif par rapport à l'alimentation traditionnelle n'est pas exempt de quelques inconvenients [composition fixe de l'aliment, ingestion rapide de la ration] ainsi des recherches nouvelles sont en cours pour l'améliorer :

- Les taux de cellulose, de matières protéiques et d'unités fourragères sont modulés pour adapter de façon optimale la composition de l'aliment à l'intensité fournie et à l'état physiologique du sujet comme la gestation, la lactation, la convalescence.
- Le mode de présentation est étudié pour entrainer un niveau de consommation correct et lutter contre une ingestion trop rapide de la ration pouvant entrainer l'ennui et des problèmes de dentition par diminution de la durée de la mastication.

Pour tenter de résoudre cette "imperfection" une nouvelle présentation est proposée au cheval de sport

III - L'ALIMENT EXPANSE -

Cet aliment est réalisé par nouvelle méthode de cuisson et de calibrage appelée "expansion" qui aboutit à une forme plus volumineuse des bouchons et à une surface d'attaque digestive plus grande.

La partie de l'aliment que l'on veut expanser est réduite sous forme de farine. Elle est mise sous pression par un tube qui contient un broyeur helicoïdal sur vis sans fin dont l'extrémité

Tableau 1 : J.R WOLTER (1974) (25)

Récapitulation des besoins nutritifs des chevaux/"niveau de consommation"

	Abreuvement minimum (L/AL/j)	Encombrement cellulose	Energie (UF/AL/j)	Matières azotées g MPd/UF	Minéraux (g/AL/j)			Vitamines Millier UI/AL/j		Appétit (kg MS/100kg de PV)
					Ca	P	ClNa	A	P	
ENTRETIEN	25-50	27-31	0,5/100 kgPV+2	75	20-30	14-20	25-30	25	3,5	1,5
CROISSANCE 300-400 kg PV	25-50	20-23	5	120-130	30-40	18-24	15-40	30	2	≤ 2,5
400-500 kg PV		22-25	5,5	110-120	38-45	21-28	15-40	-	2,5	≤ 2
500-550 kg PV		25-28	6,0	100-110	30-40	20-27	-	40	3	≤ 1,5
TRAVAIL	+ ≤ 30	26-29	léger+1à2	+75g/UFS*	30-40	21-29	35-40 ↓ 100	40	6	≃ 2
		22-25	moyen+3à4							
		≃ 20	intense+5							
		≃ 18	très intense +6							

* UFS : Unité Fourragère Supplémentaire

d'évacuation est munie d'une plaque perçée de trous à travers lesquels l'aliment est expulsé Il est cuit par la chaleur produite par le frottement de la vis en rotation. La pression exercée à l'intérieur du tube conserve l'humidité de l'aliment mais cette eau se vaporise immédiatement à l'évacuation, ce qui amène l'aliment à gonfler ou expanser. Lors de la cuisson, l'amidon est transformé en pectine qui est beaucoup plus digestive. Les autres composants de la farine ne subissent que des dégâts négligeables, car le traitement est extrêment fugace.

Notre essai a pour but d'étudier l'influence de cet aliment sur la santé et le comportement du cheval de sport afin de saisir si on peut l'utiliser de manière constante et exclusive dans l'alimentation de celui-ci.

IV - MOYENS DE CONTROLE - Normes Hématologiques et biochimiques -

Pour apprécier l'influence de l'aliment sur l'organisme du cheval comme sur sa forme physique, nous étudions plusieurs paramètres sanguins et biochimiques ainsi que des examens plus courants comme la pesée associés à des remarques subjectives telles la vivacité ou la résistance à la fatigue afin de mieux connaître l'équilibre nutritionnel et l'intégrité organique chez celui-ci.

A] - Hématologie :

L'hématocrite et le taux sanguin d'hémoglobine sont intéressants à prendre en considération pour déterminer la forme physique de l'animal.

D'après IRWING (1958) (10) les meilleures performances de fond sont obtenues par des chevaux présentant une hématocrite de repos faible (35 p100 de valeur moyenne) et une augmentation de l'ordre de 60 p 100 après effort. (cf Tableau 2).

Selon PERSON (1968) (20), le taux d'hémoglobine est à rapporter, non pas en volume sanguin mais au poids corporel de l'animal.

Ces deux éléments sont complémentaires puisqu'ils concourent au transport de l'oxygène dont se chargent les érythrocytes par la formation d'oxyhémoglobine, des poumons vers le muscle squelettique où sont alimentées les réactions aérobies. En effet dans les efforts prolongés ce sont les réactions aérobies qui produisent l'énergie dont le muscle a besoin. Le pouvoir oxyphorique du sang est donc d'une importance capitale. A cet égard les athlètes s'entrainant à altitude élevée où la concentration de l'air en oxygène est diminuée, connaissent une augmentation du taux sanguin d'érythrocytes afin de mieux capter l'oxygène rare. BARRAIBON (1969) (I), tient compte de ces deux paramètres pour apprécier la forme physique des chevaux à l'entraînement. Les normes sont énoncées dans le tableau 2 d'après SCHALM (1965) (21).

Tableau 2 : Normes hématologiques du cheval.

	Valeurs extrêmes	moyenne
Hématocrite	24 à 44 p 100	35 p 100
Hémoglobine	8 à 14 mg p 100 ml	11,5 mg/100 ml

B] - Biochimie :

Par souci de clarté nous présentons ici un tableau récapitulatif des normes biochimiques plasmatiques que nous allons utiliser pour contrôler la valeur de l'aliment sur l'état de santé du cheval (Tableau 3).

Tableau 3 : Normes biochimiques plasmatiques chez le cheval

	Rôle diagnostique	taux plasmatiques	technique de dosage	références bibliographiques
CALCIUM	Troubles osseux et parathyroïdiens	121 [100-134]mg/L 123 124 100 114 ± 109 112	Photométrie de flamme "	CRAIGE [1941] KOHL [1950] CORNELIUS [1963] KOLB [1965] BOST [1970] MOUTHON [1974]
PHOSPHORE Minéral	Troubles osseux Accidents rénaux	39,3 ± 61 mg/L 37,7 18 33,9 ± 77,2	Briggs colorimétrie	CRAIGE [1941] KOHL [1950] KOLB [1965] BOST [1970]
SODIUM	Affectations cardiaques et rénales	3420 mg/L 3430 3420 3200 3030-3350 2800-4200 3100-3420	Photométrie de flamme "	KOHL [1950] CORNELIUS [1963] MAIER [1963] KOLB [1965] TASKER [1966] BOST [1970] MOUTHON [1974]

	Rôle diagnostique	taux plasmatiques	technique de dosage	références bibliographiques
POTASSIUM	Acidose Alcalose	128 (107-136) mg/L 202-238 124 110 180 133 ± 29,6 147-176	Photométrie de flamme "	KOHL (1950) Biological Handbook (1961) CORNELIUS (1963) MAIER (1963) KOLB (1965) BOST (1970) MOUTHON (1974)
MAGNESIUM	Troubles osseux	19,3 mg/L 26 (20-32) 24 21,6 (18-25) 19,6 ± 4,7 18,3-20,3	Masson et coll colorimétrie Spectroscopie d'absorption atomique	CRAICE (1941) JENNINGS (1953) CORNELIUS (1963) MAIER (1963) BOST (1970) MOUTHON (1974)
CUIVRE		0,6-2 mg/L		MEIER et LEMMER (1973)
UREE	Néphropathies Hépatonéphrites	529 mg/L 334 214-514 304 ± 75	Meth. à l'hypobromite " au xanthydrol	KOHL (1950) KOHL (1950) TASKER (1966) BOST (1970)

Tableau 3 (suite)

	Rôle diagnostique	Taux plasmatiques	Technique de dosage	Références bibliographiques
Phophatases alcalines	Peu de spécifité Hepatites Ostéopathies	90(Unités Ring-Armstrong) 17-87(51)mU/ml		KOLB (1965 GERBER (1963)
Transaminase glutamique oxaloacétique (GOT)	Nécrose hépatique Dystrophie musculaire Affection cardiaque	6,14 ± 1,69um/100ml/um 278 ± 69,3 Sigma Frankel 50-138mU/ml		FREEDLAND (1965) FELIZOT (1969) GERBER (1969)
Créatine Phosphokinase (CPK)	Atteinte musculaire Myoglobinurie	1,3 ± 0,91u/L 1 1u/l 4,23 ± 0,45 U/l (Rosalki)		CARDINET (1967) GERBER (1969) BOST (1970)

1) - Ionogramme :

a) - Calcium, Phosphore :

Ce sont les deux éléments les plus importants car ils conditionnent le bon état du squelette comme l'exprime le dicton "pas de pied, pas de cheval". Leur rôle est surtout primordial chez le jeune lors de l'élaboration du squelette. Mais encore à l'age adulte, il faut veiller à un apport en calcium et phosphore suffisant dans un rapport phospho-calcique de l'ordre de 1,3 à 1,6. Dans l'espèce équine, l'alimentation est souvent trop riche en phosphore du fait de la grande part de grains riches en cet élément.

b) - Sodium :

Si les besoins sont toujours couverts en période d'entretien, ils augmentent sensiblement lors de travail intense ou de prise de boisson élevée du fait de l'élimination du sodium par la sueur et les urines. D'autre part, son apport excessif peut être à l'origine de crampe musculaire, voire d'accident cardiaque. L'augmentation de son taux sanguin signe une hémoconcentration et inversement.

c) - Potassium :

Sa présence est nécessaire pour une excitabilité neuro-musculaire suffisante et lutte contre l'asthénie nerveuse. Son excès est toxique, sa perte signe une carence en Magnesium.

d) - Magnésium :

C'est le sédatif neuro-musculaire et aussi l'activateur d'enzymes pour le métabolisme du phosphore et des glucides. Sa déficience entraîne une hyper-excitabilité (syndrome du Poulain contracté). Son augmentation dans le sang signe une sous-nutrition énergétique. Son taux varie de façon inverse de l'urée.

2) - L'urée :

Elle est le reflet du bon fonctionnement hépatique et rénal. La diminution de l'urée sanguine indique une sous nutrition azotée, son augmentation (l'urémie) une atteinte rénale ou une sous-nutrition énergétique.

3) - Les enzymes :

a) - Phosphatases alcalines :

Les phosphatases alcalines sont en fait des phospho-monohydrolases, c'est à dire des enzymes hydrolysant des liaisons esters phosphoriques selon la réaction générale :

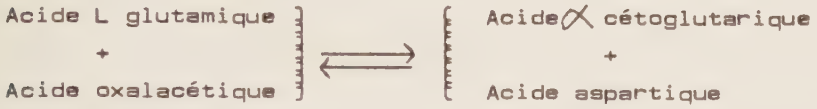
ester phosphorique + eau $\xrightarrow{pH\ 10}$ alcool + acide phosphorique.

Elles sont surtout présentent dans le foie.

L'augmentation de leurs taux sanguins signe une hépatite avec rétention biliaire ou une ostéopathie (rachitisme,ostéomalacie) ou une affection gastro-intestinale.

b) - Transeminase glutamo-oxalacétique :

Elle accélère la réaction suivante :



L'interprétation de son dosage est délicate car la S.G.O.T. est trop ubiquitaire. Mais la valeur de référence est supérieure chez les sujets entraînés (+ 25 p 100) et lors d'effort musculaire intense son augmentation est moindre chez ceux-ci.
Elle est donc utilisée dans la surveillance de l'entraînement du cheval de compétition.

c) - Créatinine-phosphokinase :

Elle active la phosphorilation de la créatinine en phosphagène selon la réaction de LOHMANN :

Considérée comme spécifique du muscle, la CPK voit son taux plasmatique augmenter dans toutes les affections de ce tissu : tétanos, myoglobinurie. Il s'agit de l'enzyme de choix pour la surveillance de l'état musculaire du cheval de sport.

Toutes ces analyses nous permettrons de suivre l'état des chevaux qui seront soumis à l'expérimentation et ainsi de comparer l'influence des différents modes d'alimentation.

Il nous reste donc à présenter les conditions de l'essai et les résultats des analyses afin de savoir si cet aliment nouveau peut être distribué aux chevaux de selle sans inconvénient et avec l'assurance de meilleures performances sportives.

Deuxième partie : RECHERCHES PERSONNELLES

Nous présentons d'abord les conditions de l'expérience puis l'exécution des contrôles expérimentaux dont nous exposerons l'analyse statistique des résultats suivie d'une discussion.

I - LES CONDITIONS EXPERIMENTALES -

Nous distinguerons la conduite de l'essai et les contrôles qui ont suivi

A] - Conduite de l'essai :

Nous envisagerons la formation des lots, la composition de la ration de chacun et la mise en place de l'essai.

1] - Les différents lots :

Pour effectuer notre expérience, nous disposons de 45 chevaux hébergés à la Société Hippique Nationale de LYON sise à MIRIBEL (01). Ces chevaux de selle sont agés de 6 à 19 ans, la moyenne étant de 12 ans. Ils travaillent en moyenne deux heures par jour.

Le 17 Février 1975, leurs poids s'échelonnent de 345 à 620 Kg. La moyenne étant de 475 Kg. L'ensemble est réparti en trois lots de quinze chevaux, d'age et de poids comparables.

Le premier lot reçoit une alimentation traditionnelle composée de foin, de luzerne, d'orge et d'avoine.

Le deuxième lot consomme le nouvel aliment expansé par la vapeur d'eau.

Le troisième lot est nourri à l'aide d'un aliment complet de fabrication habituelle présenté sous forme de granulés.

Tous ces renseignements sont précisés dans le tableau 4.

Tous les chevaux ont de la tourbe comme litière pour qu'ils ne puissent pas, en plus de leur ration, ingérer de la paille. De plus aucun pré n'est à leur disposition. Leur alimentation est donc composée seulement de ce qui leur est donné volontairement. Chaque cheval a à sa disposition un abreuvoir automatique.

Tableau 4 : Composition des lots.

LOT	NOMS	AGE (ans)	POIDS (kg) le 17/2/75
I	ROMEO	15	512
	ADOLPHE	10	468
	URFEE	11	532
	PALOMBO	8	489
	VOL DE NUIT	12	464
	MORALLA	7	418
	DAMNIS	7	429
	KESBINO	12	495
	MAESTRO	19	498
	BIZMONT	12	447
	RAINETTE	15	463
	SIRIUS	13	496
	PETULA	15	455
	LADYM	12	492
	BUCEPHALE	7	524
II	ROI DE L'ECART	15	551
	TAKIROU	10	406
	ATTILA	9	435
	ANGLO	9	469
	TABOR	19	405
	DANAE	7	418
	GREGOIRE	10	415
	VALERE	10	620
	TRISSIM	12	463
	HAMLET	9	465
	URUS	11	468
	RESEDA	15	495
	TULIPE	19	345
	GIRONDIN	12	425
	VOL AU VENT	10	570
III	OOSIRIS	12	475
	SAINT ELOI	13	505
	SANNOIS	13	518
	USSEL	11	525
	ASTERIX	8	461
	PISTACHE	10	465
	TARASQUE	12	480
	USBECK	19	433
	TOSCAN	19	445
	TOSCANE	12	506
	TSE-TSE	12	505
	RADIS	15	483
	REVEUSE	15	489
	ROI DE PIQUE	15	579
	BEBBYE ROCK	6	439

L'apport énergétique des deux rations à base d'aliment complet est choisi inférieur (20 p 100) à celui de l'alimentation traditionnelle d'après la conclusion de MEUNIER (1977)(16) estimant que l'expansion améliore la valeur énergétique de l'aliment de 15 p 100 environ. Nous nous réservons par la suite d'augmenter la ration ou de la diminuer suivant le comportement des chevaux. En fait, toute modification s'avérera inutile.

3) - Mise en place de l'essai :

Elle s'éffectue le premier Février 1976. Une période de dix jours est nécessaire pour passer progressivement de l'alimentation traditionnelle à l'apport exclusif d'aliment complet dans les lots II et III.

Les granulés sont distribués d'abord en remplacement des céréales à raison de 1 Kg par jour, puis le foin est peu à peu supprimé et substitué par les granulés. A la fin de cette période d'adaptation la ration est distribuée en trois repas au cours de la journée, soit :

- 2 Kg le matin,
- 2 Kg à midi,
- 3 Kg le soir.

B)-les contrôles expérimentaux :

A part la pesée, les contrôles sont tous réalisés sur le sang prélevé à la S.H.N. et apporté immédiatement au laboratoire du Service d'Alimentation de l'Ecole Nationale Vétérinaire de LYON, où sont éffectuées les analyses hématologiques et biochimiques.

1) - Pesée et prélèvement :

Les pesées sont éffectuées le matin à jeun les 4 Mai et 2 Juin. Les prélèvements sanguins ont lieu aux dates suivantes :

- 17 Février, 11 Mars, 22 Avril et 2 Juin.

La ponction est réalisée à la veine jugulaire et le sang recueilli sur tube héparine (type Vacutainer).Les prélèvements sont dans l'heure, apportés au laboratoire. Nous pratiquons immédiatement la détermination de l'hématocrite et le dosage de l'hémoglobine sur le sang total. Puis les tubes sont centrifugés en vue de séparer les éléments figurés du plasma qui est seul conservé à + 4° Celsius.

2) - Hématologie :

La détermination de l'hématocrite et le dosage de l'hémoglobine, sont réalisés immédiatement.

constante de PLANCK) . L'intensité de l'émission lumineuse est en rapport avec le nombre d'atomes présents et par conséquent avec leur concentration dans la solution.

- Appareillage :

Nous avons disposé d'un appareil EPPENDORF à filtre interférentiel dont la bande passante est très étroite. Le brûleur est alimenté par un mélange air-acétylène (2250°c) pour le calcium et un mélange air-propane (1900°c) pour le sodium et le potassium. La solution à analyser est pulvérisée sous forme de fin brouillard dans l'air alimentant le brûleur grâce à un dispositif de chambre d'atomisation.

- Technique :

Après réglage du mélange gazeux aux pressions convenables la flamme est allumée et l'appareil fonctionne avec de l'eau distillée. On fixe ensuite la longueur d'onde correspondant à l'élément à doser. On choisit une largeur de fente et une amplification telles qu'en remplaçant l'eau distillée par une solution à doser on obtienne une déviation du galvanomètre voisine de 450 divisions. Toute détermination doit être précédée de l'établissement d'une courbe d'étalonnage à l'aide d'une solution à diverses concentrations de l'élément étudié. L'échantillon est dilué dans l'eau distillée de référence au 1/40 pour le calcium et le potassium, au 1/200 pour le sodium.

c) - Dosage du magnesium par spectroscopie d'absorption atomique :

- Principe :

C'est un phénomène complémentaire de la photométrie de flamme. Si on éclaire une vapeur atomique avec une radiation d'intensité L et de fréquence N les atomes restés à l'état fondamental E° absorbent cette radiation en passant à l'état E^{1}. En observant la lumière dans l'axe du faisceau primaire on constate par conséquent une diminution de l'énergie lumineuse L : c'est le principe de la photométrie d'absorption atomique. En fait, les atomes excités à l'état E^{1} par l'énergie lumineuse L reprennent ensuite leur état normal E° en émettant à nouveau la radiation R (raie de résonnance) dans toutes les directions (phénomène de fluorescence atomique).

- Appareillage :

L'appareil que nous avons utilisé est le Southern Analitical. Il se compose schématiquement des éléments suivants :

- une source lumineuse (lampe à cathode creuse) émettant la raie de résonnance de l'élément: ces lampes sont composées de l'élément à doser. Elles fournissent un spectre de raies très fines caractéristique de l'élément.
- un ensemble nébulisateur-brûleur permettant d'obtenir une flamme de température convenable dans laquelle la solution à doser est nébulisée aussi régulièrement et aussi finement que possible.
- un monochromateur de grande résolution destiné à sélectionner la raie de résonnance souvent localisée dans l'ultra-violet.

- un détecteur de flux lumineux généralement photomultiplicateur d'électrons offrant sensibilité et possibilité d'amplification.
- un système de mesure du courant électrique fourni par l'élément photosensible représenté par un galvanomètre simple ou un ensemble amplificateur et enregistreur.

- Technique :

La technique de mesure est la même que pour le calcium. Elle s'éffectue en deux temps :

- préparation des solutions étalons : établissement de la courbe d'étalonnage, et passage de l'échantillon de plasma dilué au 1/50 dans l'eau distillée.

4) - Dosage des enzymes au moyen d'un auto-analyseur de marque TECHNICON :

L'auto-analyseur TECHNICON permet un traitement d'un nombre important de dosage dans des conditions absolument identiques. L'appareil effectue 40 à 60 réactions à l'heure. Autrefois, données en Unités Internationales (UI). Les activités enzymatiques sont exprimées depuis 1974 en katol qu'il nous faut définir. Le katol est la quantité d'activité enzymatique qui catalyse la transformation d'une mole de substrat par seconde dans des conditions de réactions bien définies. On mesure la quantité de substrat disparu ou celle du produit formé. La concentration des solutions enzymatiques s'expriment en katol par litre. un katol vaut 6 X 10 UI. Nous présenterons les résultats en UI.

a) - Principe :

Dans cette auto-analyse, les réactions chimiques ont lieu dans des courants liquides animés d'un mouvement continu et segmentés par des bulles d'air. Les courants liquides passent par un tube plastique d'élément en élément dont chacun assure une fonction analytique bien définie : prélèvement et traitement des échantillons, mesure des réactifs, purification et filtration, chauffage et incubation, mesure et enregistrement des résultats.

En bref, voici le déroulement des opérations : les échantillons placés dans les godets du distributeur sont introduits dans le circuit avec les réactifs grâce à une pompe proportionnante multicanaux fontionnant en continu. Le mélange des échantillons et réactifs dans des conditions constantes aboutit à une réaction chimique et au développement d'une coloration. On élimine les interférence dues éventuellement à certains éléments sériques grâce à la dialyse et à la spécificité de la réaction colorée. L'intensité de cette coloration est mesurée dans un colorimètre et transmise à un enregistreur.

Des bulles d'air segmentent continuellement les flux d'échantillons et de réactifs en mouvement assurant ainsi l'intégrité de l'échantillon et prévenant toute contamination.

b] - Techniques :

- Phosphatases alcalines:

La réaction de dosage est fondée sur la méthode de MORGENSTEIN [1966][18]. Elle repose sur l'hydrolyse enzymatique du paranitrophenylphosphate à 37° Celsius.

Après incubation, le paranitrophenol libéré dialyse dans un flux de solution tampon de 2 amino 2 methyl 1 propanol. Le paranitrophenol ayant dialysé produit une coloration intense en milieu alcalin et fournit donc son propre chromogène. La dialyse élimine l'interférence de la bilurubine et par conséquent le besoin de faire une correction de blanc. On mesure l'intensité de la coloration du paranitrophénol à 410 nm.

- Transminase glutamique oxalacétique :

La détermination est fondée sur la méthode de MORGENSTEIN et Coll. [1966] [18].

$$\left.\begin{array}{c}\alpha\text{ceto-glutarate}\\ +\\ \text{aspartate}\end{array}\right\} \xrightleftharpoons{\text{G.O.T.}} \left\{\begin{array}{c}\text{glutamate}\\ +\\ \text{oxalacétate}\end{array}\right.$$

Après dialyse, l'acide oxalacétique produit par la réaction enzymatique réagit sur le sel diazonium de N-butyl 4 méthoxy-métanilamide en donnant un composé dosé par colorimétrie.

Les échantillons contenant l'enzyme sont incubés avec le substrat contenant l'acide α cetoglutarique et l'acide aspartique au bain-marie à 37° C. L'oxalacétate produit dialyse dans un courant de solution tampon citratée. Le sel de diazonium ajouté à ce moment au mélange se fixe sur l'oxalacétate pendant le passage du flux dans la bobine du bain-marie.

On mesure l'intensité de la coloration obtenue à 460 nm. L'étalonnage est réalisé à l'aide d'un sérum étalon à taux élevé de transaminase [CAM-trol de biotrol] et les résultats sont exprimés en unité internationnale.

- Créatinine phosphokinase :

La technique de dosage est basée sur les travaux de SIEGEL et COHEN [1965][22]. La méthode repose sur la réaction de VOGES-PROSKAUER catalysée par la créatinine-phosphokinase selon le schema suivant :

$$\left.\begin{array}{c}\text{créatinine-phosphokinase}\\ +\\ \text{A.D.P.}\end{array}\right\} \xrightleftharpoons{\text{C.P.K.}} \left\{\begin{array}{c}\text{créatinine}\\ +\\ \text{A.T.P.}\end{array}\right.$$

L'échantillon de sérum pénètre dans le flux de substrat contenant la créatinine-phosphate et un excès de groupement SH [mercaptol]. Après incubation pendant dix minutes et demie du flux d'échantillon de sérum et du substrat à 37°C., l'addition de N. methyl-maleinimide arrête la réaction enzymatique et évite l'interférence des groupements SH au cours de la réaction de couplage de la créatinine.

La créatinine produite dialyse dans une solution de diacetyle et d'orcinol pour former un complexe qui donne lieu à un développement d'une coloration intense après addition d'une base.

La réaction colorimétrique est mesurée à 520nm. Les résultats sont exprimés d'après la courbe d'étalonnage en Unités Internationales (UI).

5) - Dosage de l'urée au moyen de l'auto-analyseur de marque TECHNICON :

- Technique :

La technique d'auto-analyse pour le dosage de l'urée est une variante de la méthode décrite par MARS et Coll (1965)(15). Elle est basée sur la réaction directe de l'urée et de la diacetyle monoxime en présence de thiosemicarbazide en milieu acide. La présence de thiosemicarbazide intensifie la coloration du produit de la réaction et permet de réaliser la détermination sans emploi de réactifs acides concentrés.

Le produit coloré de la réaction est dosé par photométrie à 520 nm.

II - RESULTATS ET LEUR ANALYSE STATISTIQUE -

Pour exprimer les résultats,nous prenons la moyenne du lot pour chaque paramètre au cours de chacun des quatres prélèvements. Nous les présentons d'une part, sous forme de tableaux (N° 7 à 18) pour mentionner leur valeur précise et d'autre part, sous forme de graphiques (N° 1 à 12) pour visualiser les fluctuations des différents paramètres.

Nous mentionnons les écarts-types pour moduler les variations qui peuvent paraîtrent importantes. Mais pour la clarté, nous ne représentons, sur les graphiques, que les écarts-type du deuxième lot (chevaux nourris à l'expansé).

Graphique 1 : VARIATION DU POIDS

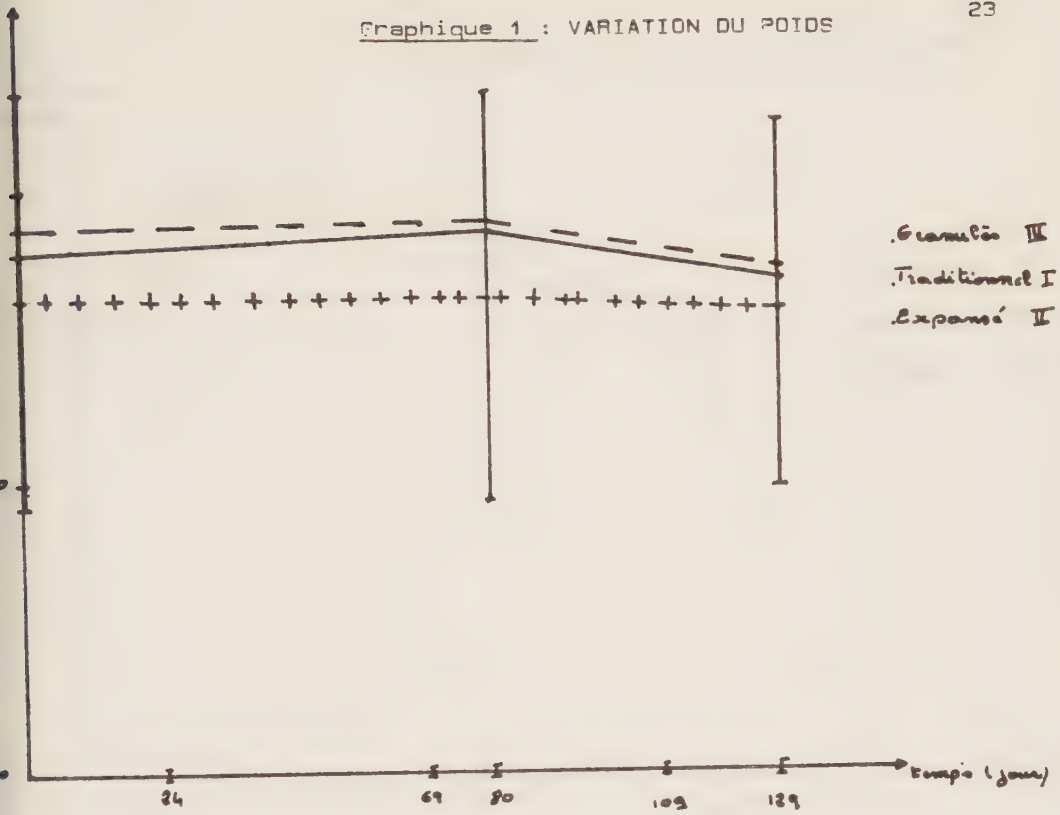


Tableau 7 : DETERMINATION DU POIDS (kg)

LOT \ DATE	17 / 2	4 / 5	22 / 6
I TRADITIONNEL	479 ± 42	495 ± 41	468 ± 40
II EXPANSE	463 ± 71	463 ± 73	458 ± 65
III GRANULE	487 ± 37	488 ± 34	472 ± 31

Graphique 2 : VARIATION DE L'HEMOGLOBINE

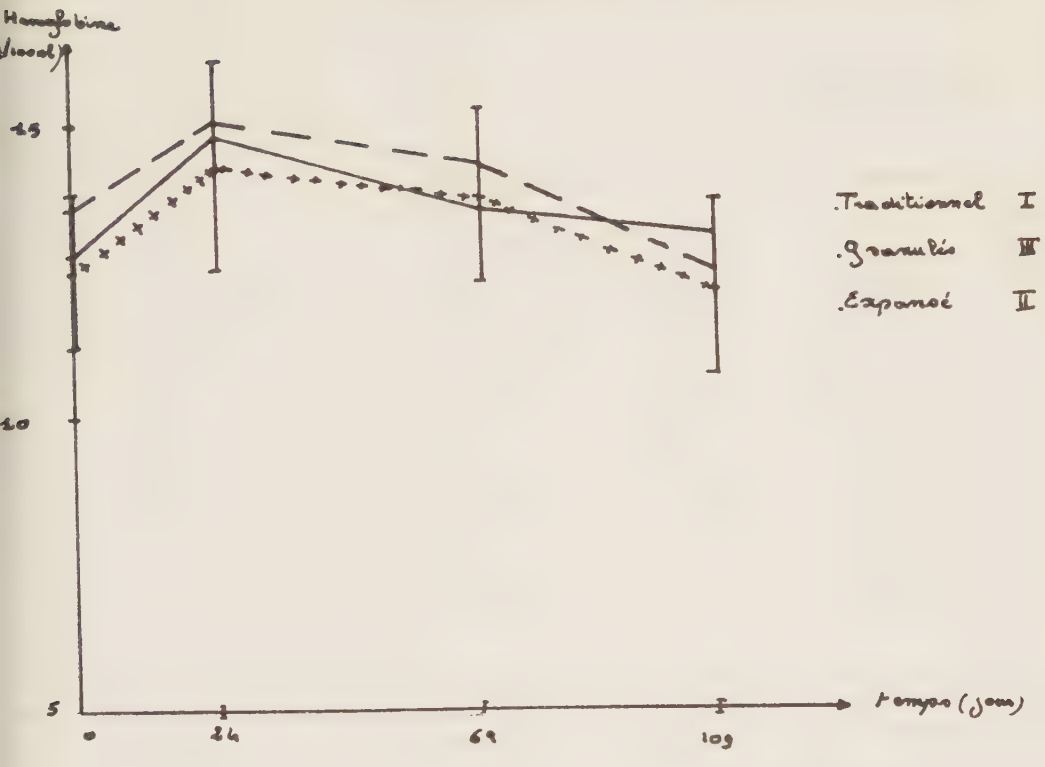


Tableau 8 : DOSAGE DE L'HEMOGLOBINE

DATE / LOT	17/2	11/3	22/4	2/6
I TRADITIONNEL	12,8 ± 1,5	14,8 ± 1,5	13,6 ± 1,1	13,5 ± 1,0
II EXPANSE	12,5 ± 1,3	14,3 ± 1,8	13,8 ± 1,5	12,2 ± 1,5
III GRANULE	13,5 ± 1,2	15 ± 1,6	14,3 ± 1,6	12,5 ± 1,1

Graphique 3 : VARIATION DE L'HEMATOCRITE

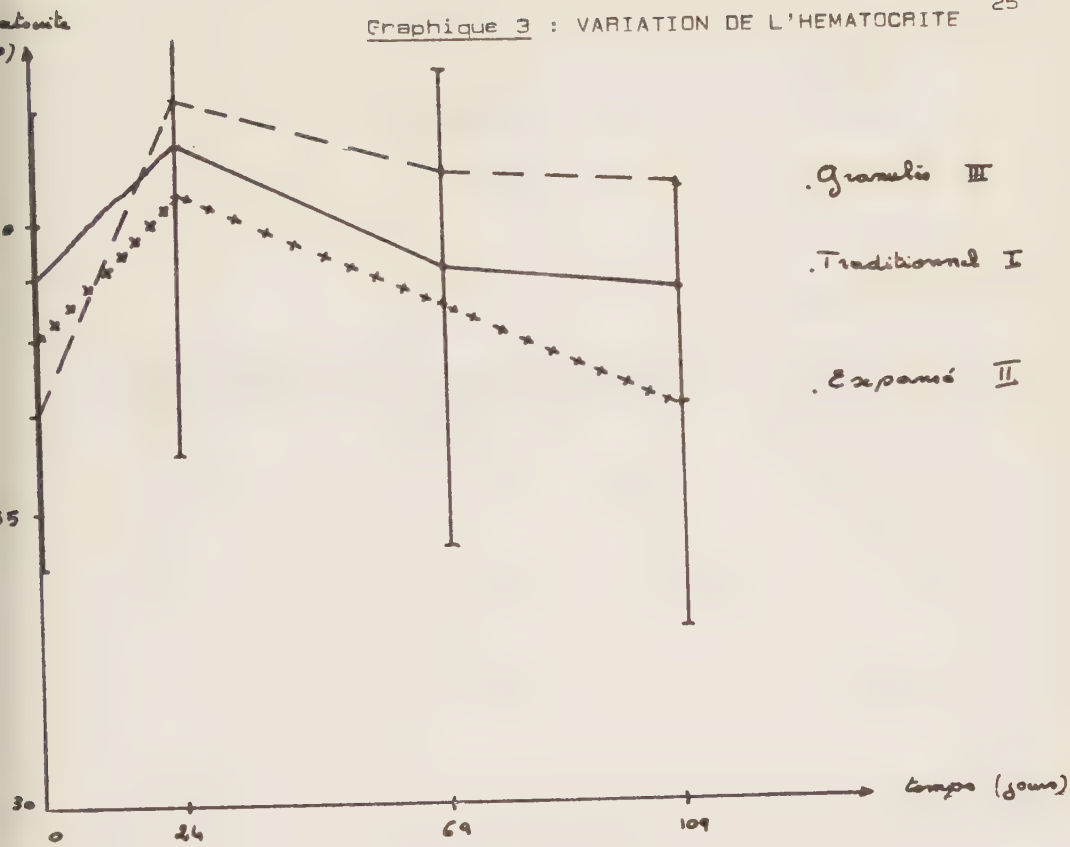


Tableau 9 :DETERMINATION DE L'HEMATOCRITE (pourcentage)

DATE / LOT	17/2	11/3	22/4	2.6
I TRADITIONNEL	39 ± 4,4	41,3 ± 3,3	39,2 ± 2,9	38,8 ± 3,2
II EXPANSE	38 ± 3,9	40,5 ± 4,5	38,5 ± 4,1	37 ± 3,9
III GRANULE	36,5 ± 8,2	42,1 ± 3,2	40,8 ± 4,5	40.5 ± 3,16

Graphique 4 : VARIATION DE LA CALCEMIE

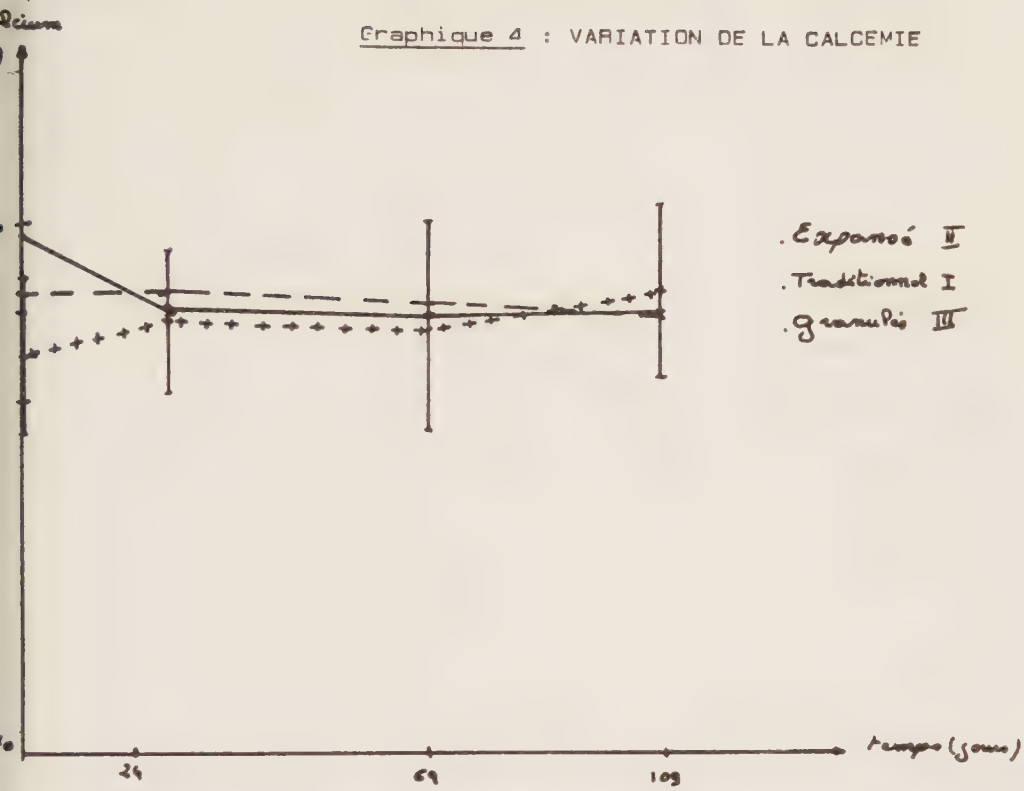
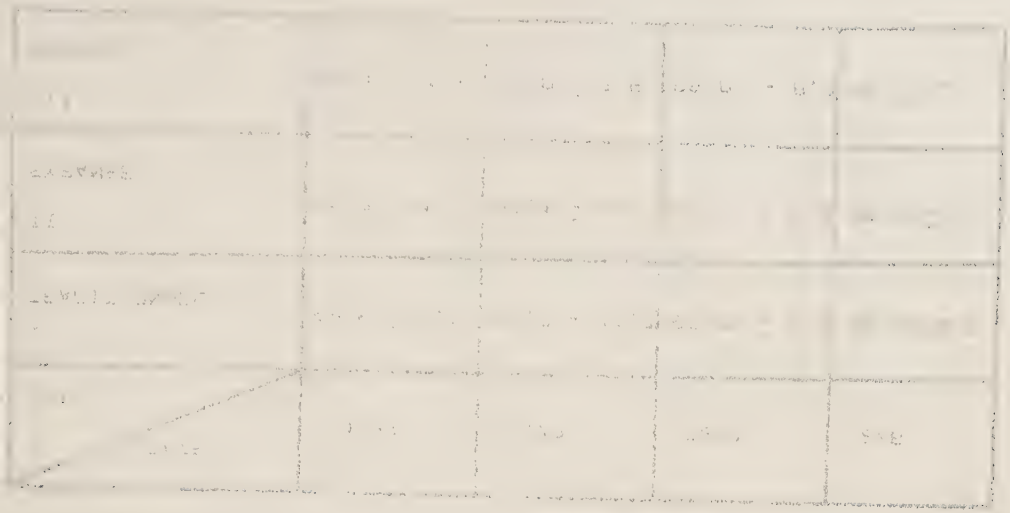
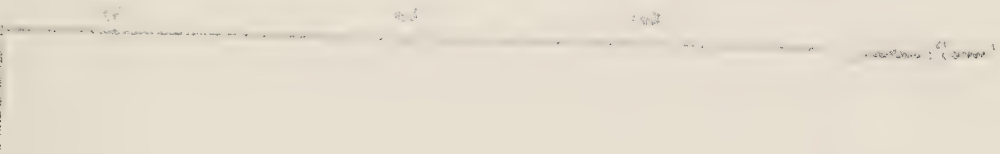


Tableau 10 : DOSAGE DU CALCIUM (mg par L)
CALCEMIE (mg/l)

LOT \ DATE	17/2	11/3	22/4	2/6
I TRADITIONNEL	99,5 ± 5,3	95,7 ± 11,7	95,23 ± 4,8	95,33 ± 6,5
II EXPANSE	92,7 ± 4,4	95,1 ± 4,1	94,3 ± 5,9	96,3 ± 5,1
III GRANULE	96,1 ± 7,9	96,8 ± 7,5	95,8 ± 8,3	95 ± 4,1





Graphique F : VARIATION DE LA PHOSPHATEMIE

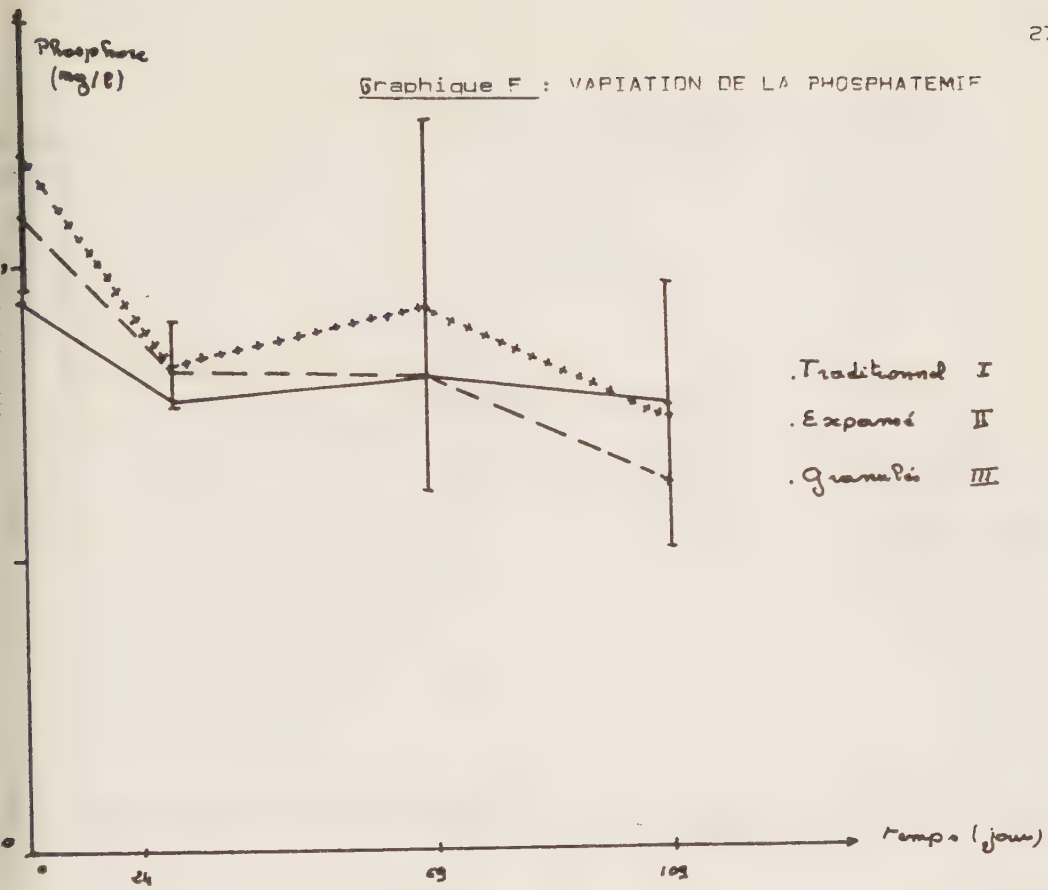


Tableau 11 : PHOSPHATEMIE (mg par l)

LOT \ DATE	17/2/	11/3	22/4	2/6
I TRADITIONNEL	28,8 ± 4,7	25,5 ± 3,9	26,3 ± 3,5	25,1 ± 3,6
II EXPANSE	33,0 ± 4,6	26,7 ± 1,3	28,6 ± 6,3	24,9 ± 4,8
III GRANULE	31,7 ± 5,4	26,4 ± 3,9	26,3 ± 5,6	22,6 ± 4,8

Graphique 6 : VARIATION DE LA NATREMIE

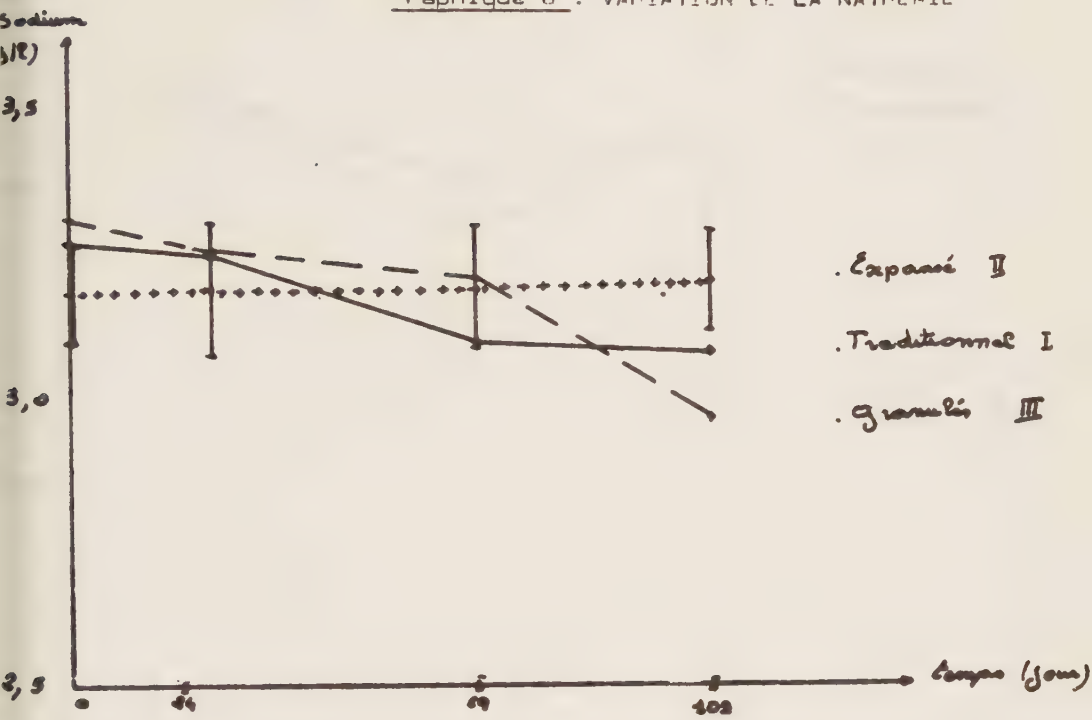


Tableau 12 : NATREMIE (mg par litre)

DATE / LOT	17/2	11/3	22/4	2/6
I TRADITIONNEL	3264 ± 109	3233 ± 409	3088 ± 184	3078 ± 78
II EXPANSE	3163 ± 80	3119 ± 115	3171 ± 105	3187 ± 90
III GRANULE	3299 ± 92	3239 ± 124	3198 ± 83	2954 ± 408

Graphique 7 : VARIATION DE LA KALIEMIE

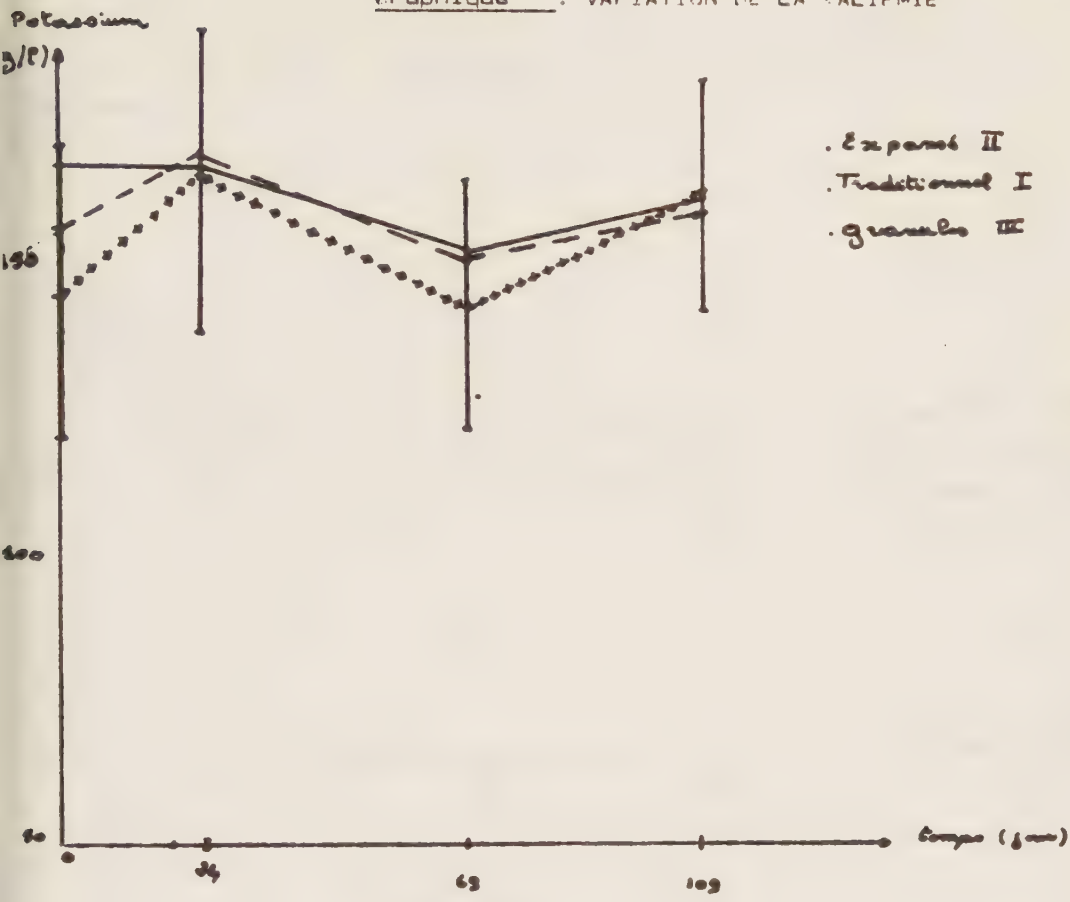


Tableau 13 : KALIEMIE (mg par l)

LOT \ DATE	17/2	11/3	22/4	2/6
I TRADITIONNEL	166,6 ± 35	166,8 ± 16	151,5 ± 17	160,8 ± 20
II EXPANSE	144 ± 25	164,6 ± 27	142,4 ± 21	161,8 ± 20
III GRANULE	155,2 ± 33	168 ± 24	150,4 ± 25	158,5 ± 28

Graphique 8 : VARIATION DE LA MAGNESEMIE

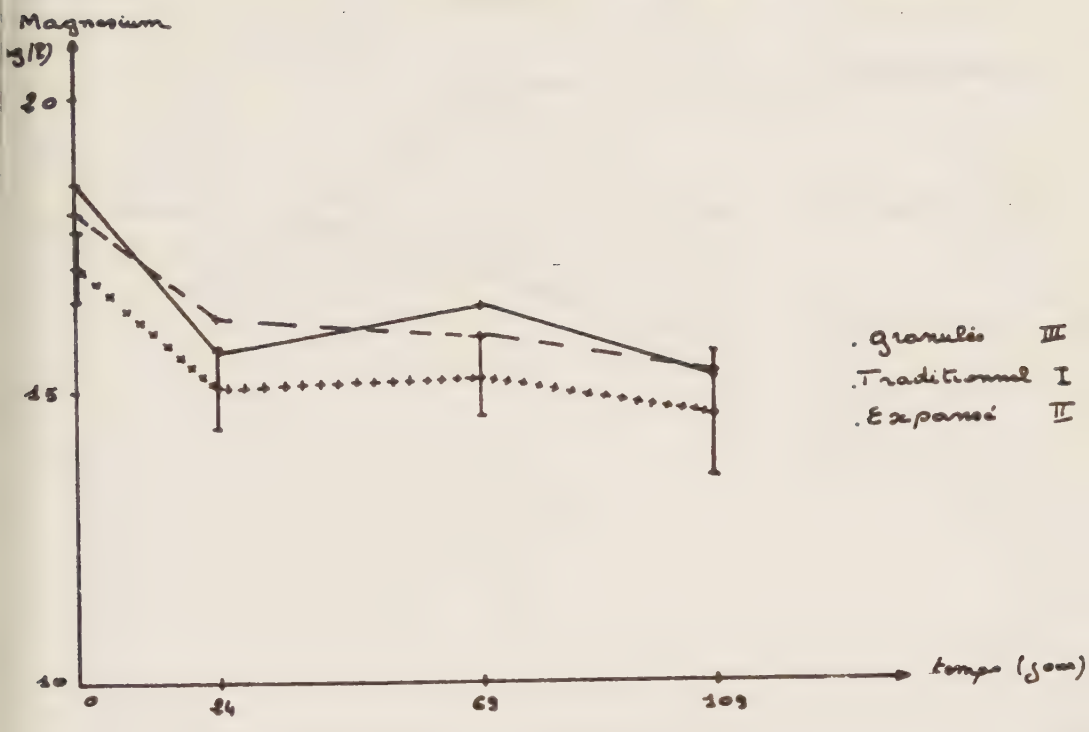


Tableau 14 : MAGNESEMIE (mg pour 100 ml)

DATE / LOT	17/2	11/3	22/4	2/6
I TRADITIONNEL	18,5 ± 01,7	15,6 ± 00,7	16,4 ± 01,2	15,2 ± 00,9
II EXPANSE	17,1 ± 00,6	15,0 ± 00,7	15,2 ± 00,8	14,6 ± 01,1
III GRANULE	17,8 ± 01,3	16,2 ± 01,3	15,9 ± 01,0	15,3 ± 01,2

Graphique 9 : VARIATION DE L'UREMIE

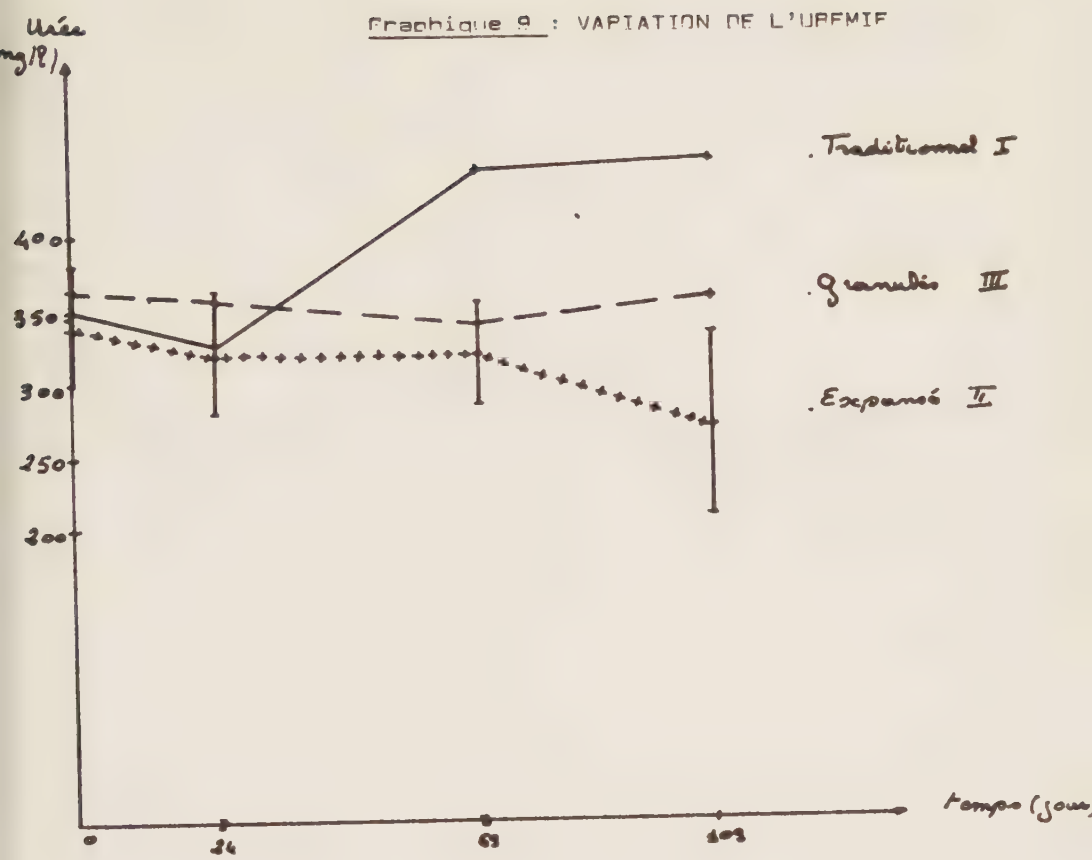


Tableau 15 : UREMIE (mg/l)

LOT \ DATE	17/2	11/3	22/3	2/6
I TRADITIONNEL	354 ± 51	328 ± 52	446 ± 56	452 ± 39
II EXPANSE	339 ± 42	322 ± 45	320 ± 30	269 ± 65
III GRANULE	376 ± 59	358 ± 44	343 ± 53	359 ± 64

Graphique 10 : VARIATION DE LA TRANSAMINASE GLUTAMO-OXALACETIQUE

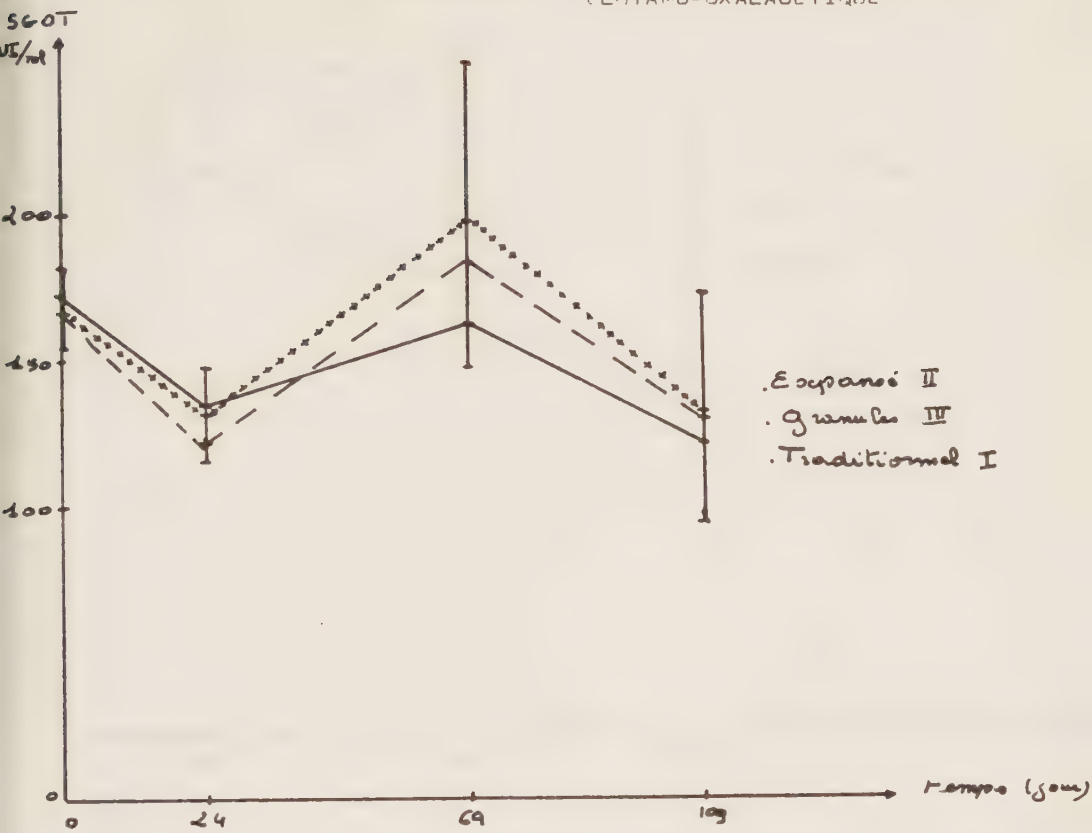


Tableau 16 : DOSAGE DE LA TRANSAMINASE GLUTAMO-OXALACETIQUE (mU par ml)

DATE / LOT	17/2	11/3	22/4	2/6
I TRADITIONNEL	173,7 ± 27	135,3 ± 23	163,8 ± 43	121,9 ± 17
II EXPANSE	167,1 ± 13	132,4 ± 16	199 ± 52	132 ± 39
III GRANULE	166,1 ± 35	121,6 ± 13	184 ± 70	130,1 ± 48

Graphique 11 : VARIATION DES PHOSPHATASES ALCALINES

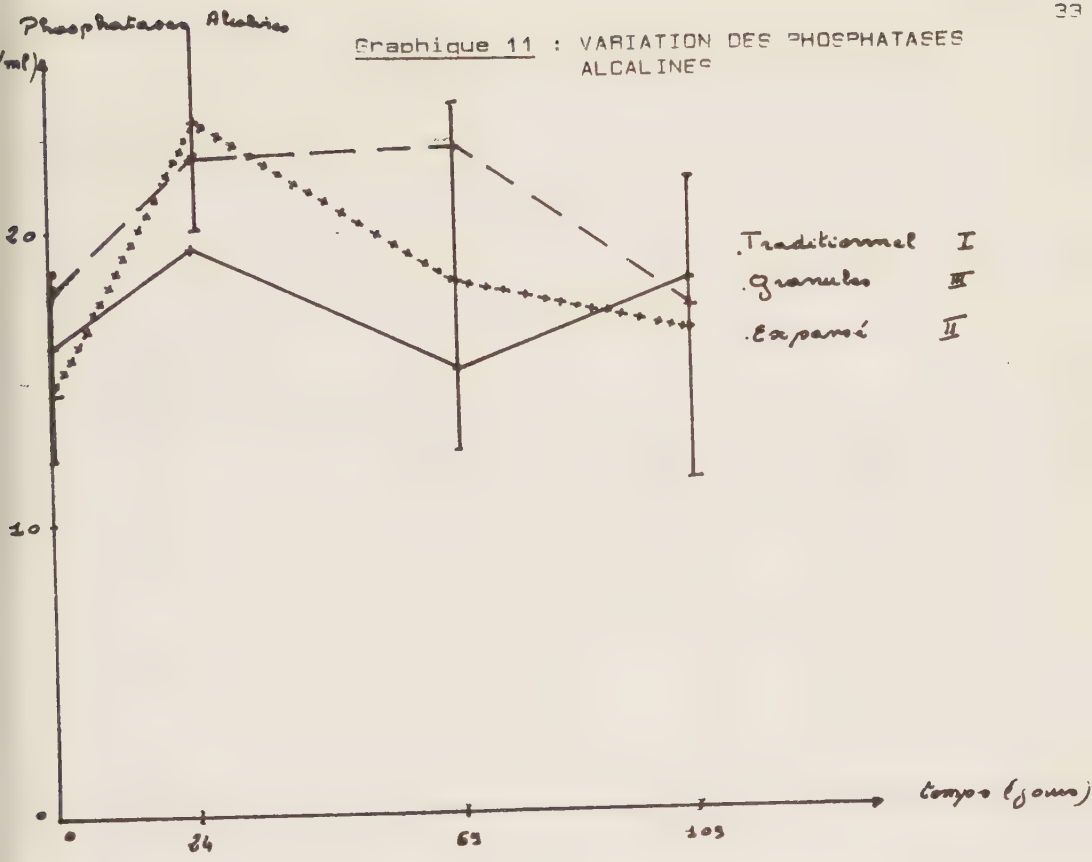


Tableau 17 : DOSAGE DES PHOSPHATASES ALCALINES (mU.I par ml)

LOT \ DATE	17/2	11/3	22/4	2/6
I TRADITIONNEL	16 ± 4,1	19,4 ± 5,1	15,2 ± 3,9	18,2 ± 2,4
II EXPANSE	14,5 ± 3,2	23,0 ± 3,9	19,2 ± 5,9	16,5 ± 5,2
III GRANULE	17,9 ± 5,4	22,5 ± 5,7	22,9 ± 4	17,3 ± 5

Graphique 12 : VARIATION DE LA CREATININE PHOSPHOKINASE

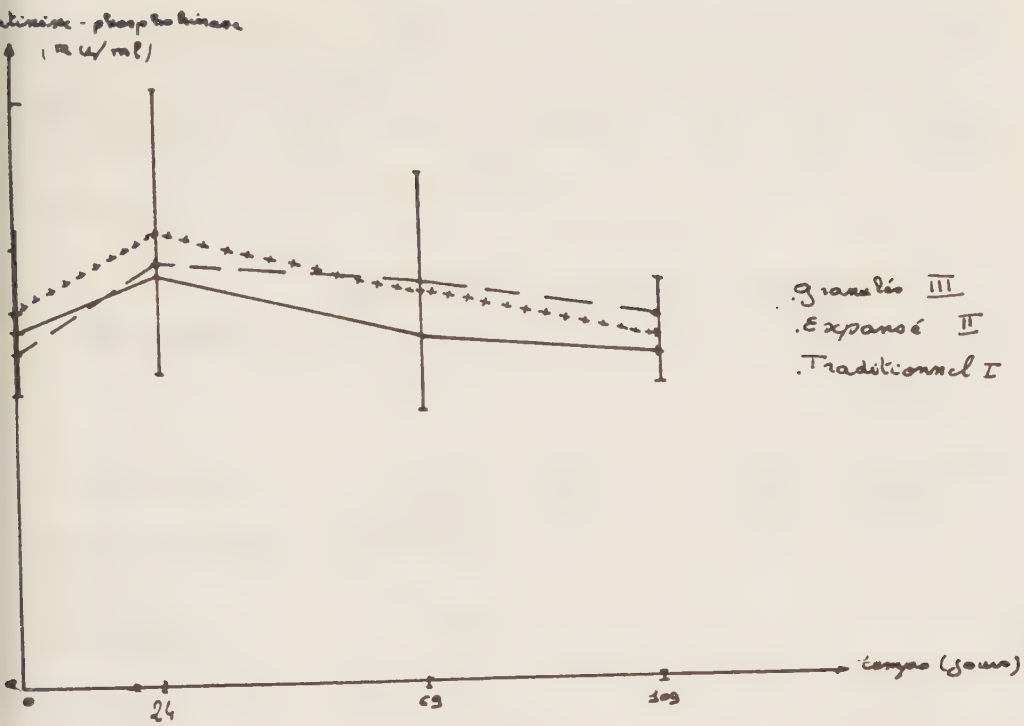


Tableau 18 : DOSAGE DE LA CREATININE PHOSPHOKINASE (mU.I par ml)

LOT \ DATE	17/2	11/3	22/4	2/6
I TRADITIONNEL	121,7 ± 16	140,9 ± 21	118.2 ± 20	112 ± 23
II EXPANSE	127,7 ± 28	154,8 ± 49	134,1 ± 41	118 ± 18
III GRANULE	114 ± 16	144,8 ± 33	136,6 ± 36	125 ± 45

- Analyse statistique :

Les résultats, une fois obtenus, sont soumis à une analyse statistique, afin d'étudier l'évolution de chaque paramètre en fonction du temps, d'une part, et de comparer entre elles les moyennes de chaque lot lors d'un même prélèvement, d'autre part. Nous avons effectué à partir des valeurs trouvées, une analyse de variance à deux facteurs contrôlés : le facteur "temps" et le facteur "aliment".

Le tableau 19 en résume les résultats .

Tableau 19 : Résultats de l'analyse statistique .

	facteur "temps"	facteur "aliment"
Poids	NS	NS
Hématocrite	NS	S (0,95)
Hémoglobine	NS	NS
Calcium	NS	S (0,95)
Phosphore	NS	S (0,95)
Sodium	S (0,95)	S (0,95)
Potassium	S (0,95)	NS
Magnesium	NS	S (0,95)
Urée	NS	S (0,95)
Phosphatase alc.	NS	NS
S.G.O.T.	NS	NS
C.P.K.	NS	NS

S (0,95) signifie qu'avec un coefficient de 95, les différences observées ne sont pas dues au hasard, mais sont significatives soit en fonction du temps, soit en fonction des lots.

NS signifie que les différences trouvées sont dues au seul fait du hasard.

III - DISCUSSION -

L'examen des résultats et de l'analyse statistique appelle quelques remarques suivies d'un débat sur chacun des paramètres étudiés.

A] - Remarques :

A côté de tous ces résultats chiffrés et bien déterminés, nous mentionnons d'autres facteurs aussi intéressants que la forme physique et la pathologie.

D'un point de vue sportif, les responsables équestres n'ont remarqué aucune différence sensible suivant les lots et le temps, quant à l'aptitude au travail et à la récupération après effort. Tous les chevaux se comportent de manière satisfaisante : Ils ne refusent pas le travail, maintiennent une activité soutenue ainsi qu' une aisance prouvant ce qu'on appelle une "bonne santé".

D'un point de vue médical : aucun incident digestif n'a été décelé ni lors de la période d'adaptation en particulier, ni lors de la durée totale de l'essai en général.

Lors de la mise en place de l'essai, aucun cheval auquel nous avons proposé le nouvel aliment n'a refusé de l'ingérer, aucune crise de coliques n'est survenue, ni aucun ramollissement des crottins.

Les sujets atteints d'emphysème pulmonaire ont présenté un net ralentissement de la fréquence des "accès de pousse". La litière de tourbe et la non distribution en sont, sans doute, les responsables car ils ont entrainé une diminution sensible de la poussière dans l'ensemble de l'écurie, notée par des personnes non averties pénétrant dans l'écurie.

L'aliment étudié est très appétant, aucun des chevaux auxquels il est présenté ne le refuse. Le temps mis pour consommer la totalité de chaque ration est compris entre 15 et 45 minutes.

B] - Pesée :

L'ensemble des lots est comparable et la baisse de poids observée n'est pas significative. Les trois alimentations sont donc sensiblement équivalentes et équilibrées en unités fourragères, puisqu' elles n'entraînent pas un amaigrissement des chevaux. Il faut pourtant rappeler que les aliments donnés sous forme de granulés n'apportent, d'après le calcul que 5,6 UF au lieu des 7,5 UF de la ration traditionnelle. Cette remarque confirme les conclusions de MEUNIER [1977][16] qui révèlent que la valeur énergétique des aliments complets est sous-estimée par la méthode de calcul actuelle, ou bien que celle des fourrages est sur-estimée chez le cheval.

C] - Hématologie :

1] - Hémoglobine :

Les variations du taux sanguin d'hémoglobine sont parallèles pour

l'ensemble des trois lots : légère augmentation puis faible diminution. Mais celles-ci ne sont pas significatives, elles sont dues au hasard et ne dépendent aucunement de l'alimentation.

2) - Hématocrite :

Les variations de la valeur de l'hématocrite se calquent sur celles de l'hémoglobine : augmentation puis diminution avec une valeur maximale à la fin du premier mois d'essai.

L'analyse de variance nous indique l'existence d'une différence significative entre le lot II (expansé) et le lot III (granulé) lors du dernier prélèvement. Il s'agit d'une hémoconcentration dans le lot III qui est en faveur d'une légère déshydratation des chevaux de ce lot à une période où la température ambiante devient plus élevée et l'air plus sec. Nous préciserons ce point dans l'étude de la natrémie.

D) - Biochimie :

1) - Les minéraux :

a) - Calcium :

La calcémie est stable et reste tout au long de l'essai dans les normes physiologiques.

En fonction du temps, l'analyse statistique ne révèle aucune variation significative du taux de calcium sanguin dans un même lot.

Au début de l'essai, la différence entre le lot I (traditionnel) et le lot II (expansé) est significative. La valeur la plus faible étant celle du lot II.

b) - Phosphore :

D'après l'examen graphique, le taux plasmatique du phosphore minéral semble varier mais la représentation des écarts-type et l'analyse statistique nous montrent que ces variations au cours du temps ne sont pas significatives et sont dues au hasard. Mais dans la période d'adaptation, la phosphatémie des chevaux du lot II (expansé) est plus élevée de façon significative.

Ainsi, au début de l'essai, nous remarquons qu'il existe une forte valeur de la calcémie et une faible valeur de la phosphatémie chez les chevaux nourris avec l'aliment expansé par rapport aux chevaux nourris de façon traditionnelle. Cet écart s'annule à la fin de la période d'adaptation. Cette différence est sans doute due au changement d'apport en calcium et phosphore par la ration. Le tableau 5 mentionne un rapport phosphocalcique de 3,7 pour l'alimentation traditionnelle et de 2,8 pour la nouvelle présentation. Mais les granulés ayant la même valeur pour le rapport phosphocalcique que l'expansé ne donnent de différence significative.

Une fois le premier mois passé, tout rentre dans l'ordre.

c) - Sodium :

La représentation graphique de la natrémie montre une stabilité de celle-ci pour le lot II (expansé) et une diminution pour les deux autres, en particulier pour le lot III (granulé).

L'étude statistique nous révèle une différence significative entre le lot II (expansé) et les autres lots au début de l'essai. Lors du dernier prélèvement les valeurs du lot III (granulé) sont faibles de façon significative par rapport aux mesures précédentes de ce même lot, et aux résultats du lot II (expansé). En résumé, la chute de la natrémie des chevaux nourris aux granulés (lot III) en fin d'essai ne saurait être due au hasard. La baisse de la natrémie indique en général, une hyperhydratation, ce qui est en contradiction avec la signification de l'augmentation de l'hématocrite trouvée sur ces mêmes chevaux à la même période. Pour tenter une explication nous émettons l'hypothèse d'une fuite d'ion sodium par la sueur, le dernier prélèvement datant du 2 juin, moment où la température extérieure plus élevée entraîne une sudation plus abondante au cours du travail. Cette diminution du taux d'ion sodium circulant entraîne une perte d'eau donc une hémoconcentration. Cet aliment granulé (non expansé) ne semble pas apporter suffisament d'ions sodium, qu'il faudrait alors donner sous forme de pierre à lécher.

Cet inconvénient n'est pas remarqué avec l'aliment expansé étudié dans notre expérimentation, malgré une teneur identique en sodium.

d) - Potassium :

L'examen du graphique montre une fluctuation du taux du potassium plasmatique qui est parallèle pour l'ensemble des trois lots et qui donne une image en dents de scie. L'étude statistique ne fait état d'aucune différence entre les trois lots mais indique que les variations des valeurs du lot II (expansé) ne sont pas dues au hasard.

e) - Magnesium :

L'étude de la courbe indique une diminution faible mais constante, et parallèle pour les trois lots, de la concentration sanguine en magnesium.

Le traitement statistique affirme que cette diminution dans le temps ne saurait être due au hasard mais est indépendante de l'alimentation car elle est parallèle pour les trois alimentations différentes.

En outre, les valeurs du lot II (expansé) sont toujours plus faibles que celles des deux autres lots, de façon significative.

2) - L'urée :

La valeur de l'urémie comme le révèle le graphique, est stable pour le lot III (granulé) ; pour le lot I (traditionnel), le taux d'urée est augmenté en fin d'essai et diminué pour le lot II (expansé).

D'après l'analyse statistique, ces variations en fonction du temps ne sont pas dues au hasard. De plus, la différence entre le lot II (expansé) et le lot I (traditionnel) est significative. Mais les valeurs trouvées sont toujours comprises dans les normes physiologiques et n'indiquent pas une atteinte rénale mais plutôt une sous-nutrition énergétique du lot I (traditionnel) par rapport au lot II (expansé) car elles ne s'accompagnent pas de perte de poids sensible.

3) - Les enzymes :

L'analyse statistique des résultats enzymatiques ne fait état d'aucune différence significative. Les variations notées sont donc dues au hasard.

L'aliment expansé est donc aussi bien toléré que l'alimentation traditionnelle par les différents organes renfermant ces enzymes en grande quantité : coeur, foie, et muscles.

CONCLUSIONS

Cet essai permet de comparer, chez le cheval de club, un aliment complet expansé à un aliment compet granulé et à un régime traditionnel, afin d'étudier son influence sur la santé et la forme physique des chevaux.
L'étude du poids montre que cet aliment expansé est bien toléré et nécessite un apport énergétique moindre par rapport au régime traditionnel. En effet, 7,5 kg d'aliment expansé apportant, d'après le calcul, 5 Unités Fourragères équivalent pour le maintien du poids à un régime traditionnel apportant 7,5 Unités Fourragères.
Ceci prouve soit que la valeur énergétique des aliments est augmentée par l'expansion, soit que la valeur énergétique des fourrages est surestimée chez le cheval.
Les contrôles hématologiques indiquent une parfaite tolérance de ce type d'alimentation et une équivalence au régime traditionnel.
Les contrôles biochimiques sont intéressants à considérer. L'étude de la calcémie et de la phosphatémie révèle qu'une certaine adaptation est nécessaire lors du changement de régime, du fait d'un nouveau rapport phosopho-calcique, puis tout rentre dans l'ordre en un mois.
En fin d'essai, alors que la température ambiante augmente, l'aliment permet une rétention supérieure de sodium (sel) et un rapport d'énergie suffisant par rapport aux deux autres types d'aliments.
Pour tous les autres paramètres, aucune différence significative n'est relevée, ni entre les trois lots, ni dans le temps pour un même lot.
L'aliment complet est donc susceptible de donner toute satisfaction pour l'alimentation du cheval de club.
L'essai nous a permis de mettre en évidence la facilité de stockage et de distribution, l'appétibilité, la grande tolérance et l'apport énergétique plus que nécessaire.
L'essai est donc tout à fait positif et il serait intéressant, à l'avenir, d'adapter cet aliment

complet expansé aux différents types de chevaux :
- reproducteurs (étalon, gestante, allaitante)
- jeunes en croissance,
- convalescents,
- athlètes de compétition,

voire même de réaliser différentes présentations médicamenteuses.

Vu :
LE DIRECTEUR
de l'École Nationale Vétérinaire de Lyon,

Vu :
~~LE DOYEN~~,

LE PROFESSEUR RESPONSABLE
de l'École Nationale Vétérinaire,

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,

Vu et permis d'imprimer

LYON, le 13 FEV. 1979 19

LE ~~RECTEUR~~, PRÉSIDENT ~~DU CONSEIL~~ DE L'UNIVERSITÉ LYON I

CLAUDE BERNARD

D. GERMAIN

- BIBLIOGRAPHIE -

1 - BARRAIRON (col)
"Variations de certaines valeurs sanguines de l'équipe des jeux équestres de MEXICO",
Pratique vétérinaire équine 1969,1,41-46

2 - BOST J, FONTAINE M, JEAN BLAIN M, MAGAT A
"Evaluation de certains constituants du sang chez des chevaux cliniquement normaux".
Ann. Rech. Vet. 1970,1 (1),63-91.

3 - CARDINET G.H., LITTRELL J.F., FREEDLAND R.A.,
"Comparative investigations of serum creatine phosphokinase and glutamicoxalacetic transaminase activities in equine paralitic myoglobinuria".
Rev. Vet. Sci. 1967, 8, 219-226.

4 - CORNELIUS C.E., BURNHAM L.G., HILL H.E.
"Serum transaminase activities of thoroughbred horses in training"
J.A.V.M.A.1963,142, 639-642.

5 - GRAIGE A.H.Jr, GADD J.D.
"The determination and clinical correlation of variations in the caltium, inorganic phosphorus and serum proteins of horse blood"
Amer. J. Vet. Res. II 1941, 227-256.

6 - FELIZOT C.
"Les transaminases sériques chez le cheval".
Thèse doctorat vétérinaire LYON 1969.

7 - FREEDLAND R.A., et coll.
"Comparative studies on plasma. Enzyme activities in experimental hepatic necrosis in the horse."
Rev. Vet. Sci. 1965,6,12-23.

8 - GERBER H.
"Serum enzyme determination in equine medecine".
Eq. Vet. J. 1969,1(3),129-139.

9 - HAMM C.A.
"L'entraînement du cheval de sport. Etude cardio-vasculaire et hématologique".
Thèse doctorat vétérinaire LYON 1972, 87.

10 - IRVINE G.H.V.
"The blood picture in the race horses. The normal erythrocyte and heamoglobin status ; a dynamic concept".
J.A.V.M.A. 1958, 137,59.

11 - JENNINGS F.W. and MULLIGAN W.
"Level of some chemical constituants in normal horse sera"
J. Com. Path. 1953,63,286.

12 - KOHL P.
Thèse doctorat université pharmacie.
Fac. PARIS,1950.

13 - KOLB P.
"Physiologie des animaux domestiques"
Ed. Vigot frères. PARIS,1965.

14 - MAIER H.
"Clinical biochemistry of domestic animals".
Academic Press NEW YORK and LONDON, 1963.

15 - MARSH W.H., FINGERHUT B., MILLER H.
"Clinical chemistry".
1965, 24

16 - MEUNIER B.
"Essai d'un aliment complet ou expansé par comparaison avec le régime traditionnel chez les chevaux de sport"
Thèse doctorat vétérinaire LYON, 1977.

17 - MEYER H., LEMMER V.
"Mineralstoff und spurenelementgehalt in serum bzw. plasma des pferdes".
Dt. Lierârztl Wschr. 1973,80,116-169 et 80,190-193.

18 - MORGENSTEIN et coll.
"Clinical chemistry 12".
1966, 95.

19 - MOUTHON G., ROY J.C., MAGAT A.
"Variations des principaux électrolytes sanguins du cheval cliniquement normal".
Bull. Soc. Sci. Vét. et Méd. comparés. LYON 1974,76(4),275

20 - PERSSON S.G.B.
"Blood volume, state of training and working capacity of the race horses".
Eq. Vét. J. 1968, 1,52-62.

21 - SCHALM O.W.
"Veterinary hematology".
Sea and Febiger Philadelpie 1965, 251-278 et 447-448.

22 - SIEGEL, COHEN.
"Automation in anlytical chemystry".
1965, 474-476.

23 - TASKER J.B.
"Fluid and electrolyte studies in the horse blood : values in 100 normal horses".
Cornell. Vét. 1966, XV, 67-75.

24 - WOLTER R., BOULET D.
"Essais sur le rationnement du cheval de sport"
Recueil de médecine vétérinaire 1966, 142(6), 489-495.

25 - WOLTER R., MORAILLON R., TOULAT B.
"Aliments complets pour chevaux de sport. Nouveaux essais"
Recueil de médecine vétérinaire 1971, 147, 565-576.

26 - WOLTER R.
" Pourquoi mieux alimenter le cheval de sang ?"
Ed. Vigot frères, PARIS, 1974, 24.

27 - WOLTER R., DURIX A., LETOURNEAY J.C.
"Influence du mode de présentation du fourrage sur la vitesse du transit digestif chez le poney".
Ann. Zoo. Techn. 1974, 23? 293-300.

28 - WOLTER R.
"L'alimentation du cheval"
Ed. Vigot frères, PARIS, 1975.

I. C. VAUBECOUR
l'Imprimerie des étudiants lyonnais
11 et 13 Rue Vaubecour
LYON 69002 - Tél. 42 - 45 - 85

I. C. VAUBECOUR
l'Imprimerie des étudiants lyonnais
11 et 13 Rue Vaubecour
LYON 69002 - Tél. 42 - 45 - 85